

의류소재용 직·편물의 수분이동 특성 측정 방법에 따른 흡한속건성 평가

Assessment of Wicking and Fast Dry Properties According to Moisture Transport
Measurement Method of Knit and Woven Fabrics for Garment

김현아**† · 김승진**
Hyun-ah Kim**† · Seung-jin Kim**

*한국패션산업연구원 연구개발본부
*Korea Research Institute For Fashion Industry

**영남대학교 융합섬유공학과
**Department of Textile Engineering and Technology, Yeungnam University

Abstract

In this study, moisture transport characteristics for the woven and knitted fabrics made of 8 kinds of fiber materials using MMT (moisture management tester) were measured and discussed with the Bireck bt MMT and water evaporating rate (WER) measuring methods, which are vertical moisture transport methods. In addition, the drying property by MMT of the eight kinds of specimens was compared and discussed with the results measured by the vertical drying measurement. MMT experimental result which is horizontal moisture transport appeared to be similar to the result of the Bireck method, which is the vertical moisture transport experiment. Absorption time measured from drip method of the fabrics made of the bamboo, linen, and cotton/nylon composite fabrics was short and thus they showed best wicking property, which was attributed to the low contact angle on the fabric surface and high porosity of the fabrics due to the staple yarn structure composed of the hydrophilic staple fibers. In drying property of the fabric specimens by MMT, maximum absorption radius of the dry-zone knit and bamboo woven fabrics were the highest and they showed the best drying property, which was a little different result compared with vertical drying measurement method. Half time of the drying rate in the MMT method was highly correlated with the fabric thickness and saturated moisture absorption rate and their regression coefficients were 0.9 and 0.88, respectively. This means that the knitted and woven fabric design technology for retaining good wicking and drying properties of the fabrics with thin fabric thickness is very important for obtaining high functional wear comfort fabrics. In addition, wicking and drying properties of the fabrics made of different fiber materials and with different yarns and fabric structures showed different results according to the measuring methods.

Key words: MMT, Wicking, Drying Rate, Bireck Method, WER

※ 본 연구는 2015 국제공동기술개발사업(무기입자 함유 다기능성 친환경 소재 및 우수한 쾌적특성을 갖는 스포츠/아웃도어용 제품 개발, 과제번호 : N040900011)의 연구결과 일부임.

† 교신저자 : 김현아 (한국패션산업연구원)

E-mail : sjkim@ynu.ac.kr

TEL : 053-721-7459

FAX : 053-812-6341

요 약

본 연구에서는 직/편물 8종을 대상으로 이들 수직방향과 수평방향 수분이동특성 측정방법에 따른 소재들의 수분이동 특성을 분석하였다. 또한, 8종의 시편의 MMT에 의한 건조특성을 수직 건조 측정 결과와 비교하여 논의하였다. 수평 수분이동 방법인 MMT 시험 결과는 수직법인 바이렉 방법의 결과와 유사한 거동을 나타내었다. 대나무, 린넨 및 면/나일론 복합 소재는 드롭법의 흡수시간은 짧았으며, 표면의 낮은 접촉각 및 직물의 높은 다공성에 기인한 것으로 판단되며, 친수성 스테이플 섬유 구조와 상관성이 있을 것으로 보인다. MMT에 의한 건조특성은 니트 및 대나무 직물의 최대 흡수반경이 가장 우수했으며, 수직 건조법에 비해 차이를 나타내었다. MMT 방법의 건조속도는 직물의 두께와 포화수분 흡수율과 높은 상관성을 가졌으며, 회귀계수는 각각 0.9와 0.88이었다. 이는 직물의 두께가 얇을수록 위킹 및 건조특성이 우수하며, 기능성 소재기획시 착용 내구성을 판단하는데 중요함을 의미한다. 또한 상이한 섬유소재, 실 및 구조의 소재에 대한 수분이동특성(위킹, 건조)은 측정 방법에 따라 다른 결과를 나타내었다.

주제어: 수분제어평가, 위킹, 건조율, 바이렉법, 수분증발률

1. 서론

최근 의류용 신소재로 사용되는 섬유 중 흡한속건 소재인 쿨맥스® (coolmax), 드라이존® (dry-zone) 그리고 친환경 소재인 뱀부(bamboo)섬유는 PET소재 그리고 천연소재인 면(cotton), 실크(silk), 린넨(linen)소재와 혼합하거나 혹은 이들과 나일론(nylon)과의 교직으로 의류용 소재로 사용되고 있다(Kim and Kim, 2016).

의류소재로서의 쾌적 적합성은 수분과 열의 이동 특성 중 특히 위킹성(wicking), 젖음성(wetting), 건조성(drying) 그리고 흡한속건성 등이 의류의 쾌적성 평가 항목 중에서 중요한 특성이라고 알려져 있다(Kim, 2016). 흡수성 측정방법은 wicking test (Bireck method KSK 0815B)와 drop test (KSK 0815A)가 국내 규격으로 사용되고 있다(Kim & Kim, 2016). 건조특성은 KSK 0815A법과 B법 두 가지 방법이 한국 내 상거래에 사용되는 KS규격이다. 스포츠용 의류에 많이 사용되는 중공 필라멘트와 이들 복합사로 만들어진 직·편물의 착용 쾌적성에 대한 연구(Kim, 2014)에서는 KS K 0815A법에 의한 실험을 통해 복합사 구조가 소재의 착용 쾌적성에 미치는 영향을 연구한 바 있다. 그러나 최근 측정 장치의 발전과 함께 수분관리 측정 장치로서 Moisture Management Tester (MMT)방법이 개발되어 상용화 되었으며 건조특성을 측정하는 방법으로는 WER법(Water Evaporating Rate)을 이용한 연구(Fangueiro et al., 2010; Yanilmaz & Kalaoğlu, 2012)들이 발표되었으나 국내 KS규격과는 차이가 있다.

Supuren et al.(2011)은 면과 폴리프로필렌(polypropylene)소재를 사용한 니트의 수분이동특성을 MMT를 사용하여 연구하였다. Guo et al.(2008)도 면과 폴리프로필렌으로 구성된 보호복의 수분이동특성을 MMT 측정법을 사용하여 연구하였다. Troynikov and Wardiningsih (2011)는 울/PET, 울/뱀부 소재들의 원료섬유 혼합비에 따른 수분제어특성을 MMT측정법으로 분석하여 액티브 스포츠웨어의 베이스레이어(base layer)로서 PET와 뱀부를 혼합한 시료가 더 우수한 수분특성을 보였다고 발표하였다. Mahbub et al.(2014)은 케블라(kevlar)/울 직물의 열적쾌적성을 연구하였으며 MMT를 이용하여 방탄복의 수분제어 특성을 연구하였다. Özkan and Meriç(2015)는 사이클링용 PET 편물의 수분제어특성을 MMT를 사용하여 연구하였다. 그 외 AATCC 195-2009에서 채택된 MMT 계측기기의 특성에 대한 연구(Hu et al., 2005; Hu et al., 2006)도 일찍부터 수행되어 왔으며 AATCC (2009)에서 규정이 채택되기 까지 많은 연구가 수행되었다. 이 계측기기의 특성은 수분의 흡수시간(wetting time), 수분의 확산반경(wetted radius) 그리고 흡수율 등이 측정되며 종합적으로 overall moisture management capacity (OMMC)가 회귀식을 이용한 숫자로 평가하게 되어 있다(Hu et al., 2006).

한편, 의류의 쾌적특성평가에서 위킹만큼 중요한 특성이 건조특성이며 최근에는 WER법을 적용하여 연구가 많이 수행되고 있다(Fangueiro et al., 2010; Yanilmaz & Kalaoğlu, 2012; Laing et al., 2007; Hsieh,

1995). Yanilmaz and Kalaoğlu(2012)는 아크릴 니트 소재의 위킹성, 젖음성 분석과 함께 건조특성을 WER방법으로 수행하였다. Bireck법이라고도 불려지는 위킹성 측정방법과 WER법에 의한 건조특성 시험법은 모두 시료내의 수분이동이 수직방향으로 이동할 때 흡수성과 건조특성을 측정하는 방법인 반면 MMT시험 방법은 수분이동이 수평방향으로 이동할 때의 흡수성과 건조특성을 측정하는 방법으로 분류할 수 있다. 그러나 이들 최근 상용화된 방법들은 아직 국제규격에 인정이 되지 않아 이들 시험법에 대한 상관성의 연구가 필요한 시점에 와있다고 보여 진다. 따라서 본 연구에서는 의류용으로 최근 많이 사용되는 고감성·친환경 소재를 사용하여 이들 수직방향과 수평방향 수분이동특성 측정방법에 따른 소재들의 수분이동 특성을 분석하여 쾌적한 의류 소재를 제조하는데 필요한 기초 연구자료를 제공하고자 한다.

2. 실험

2.1. 시료

본 연구에서는 시험법에 따른 니트와 직물의 수분이동특성의 차이를 보기위해 니트 2종, 직물시료 6종을 준비하였으며 최근 기능성 소재로서 사용되는 흡한속건, 뱀부소재 그리고 천연소재, 화섬소재, 교직물 등 총 8종 소재를 준비하였다. Table 1에 이들 직·편물 시료의 상세스펙을 나타내었다.

Table 1. Details of woven and knitted fabrics specimens

Specimens	Yarn number		Density (/in)		Mass (g/m ²)	Thickness (mm)	Weave (Knit) design
	Wp	Wf	Wp (course) (/cm)	Wf (wale) (/cm)			
Coolmax® knit	75d/48f	75d/48f	2.4	2.8	130	0.580	single jersey
Dry-zone® knit	75d/72f	75d/72f	3.2	3.6	140	0.455	interlock
Cotton fabric	88.6d (60Ne)	88.6d (60Ne)	98	86	76	0.255	plain
Silk fabric	21d/6f	21d/8f	95	46	105	0.315	twill
Linen fabric	189.8d (28Ne)	189.8d (28Ne)	70	68	95	0.275	plain
PET fabric	50d/72f	50d/72f	186	128	68	0.180	twill
Cotton/Nylon fabric	193.8d (30Ne)	70d/68f	96	130	134	0.230	plain
Bamboo fabric	75d/72f	75d/72f	150	98	120	0.250	twill

2.2. 물성실험

2.2.1 포화 흡수율(KSK 0815)

40×40 cm 시료 3매를 준비하여 27±2℃의 증류수가 들어있는 수조에 시료를 넣고 3시간 이상 침지시켜 수분이 충분히 흡수되게 한 후 수중에서 꺼내어 물방울이 더 이상 떨어지지 않을 때 Fig. 1에 보이는 장치에 시료를 걸고 센서에 의한 시료무게를 측정하여 포화수분율을 Equation 1에 의해 계산하였다.

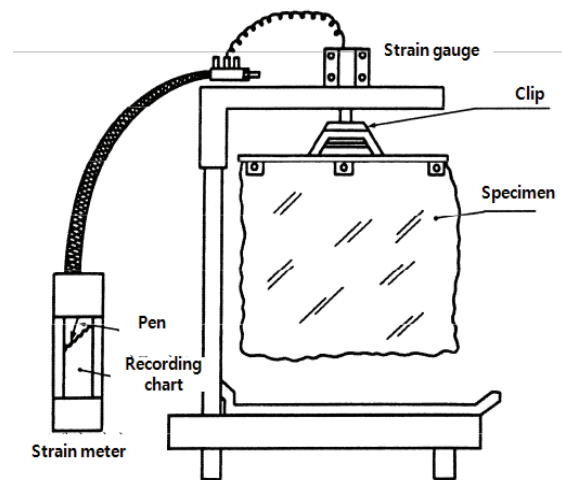


Fig. 1. Saturated absorption rate apparatus by KSK 0815.

$$\frac{W - W_0}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

where, W_0 : 수분흡수 전 시료무게(g)

W : 수분흡수 후 시료무게(g)

2.2.2 흡수속도(KSK 0815)

Bireck방법이라고 불리는 KSK 0815법에 의해 20×2.5cm 시료를 5매 준비하여 27±2℃ 증류수가 들어있는 용기의 수면에 한쪽 끝이 닿도록 하여 10분경과 후 모세관 현상에 의한 물의 상승높이(mm)를 측정하여 평균값을 계산하였다. Fig. 2에 Laplace 법칙에 의한 물의 상승높이, H를 액체표면장력과 capillary 반경, 접촉각과의 관계를 도시하였다. Laplace 법칙에 의한 이들 인자간의 관계는 Equation 2에 나타내었다.

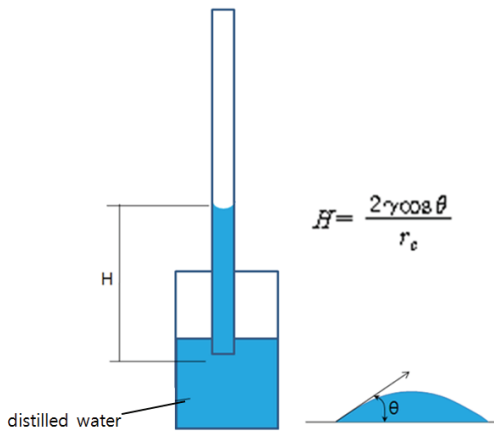


Fig. 2. Wicking measurement apparatus used in this study

$$H = \frac{2\gamma\cos\theta}{r_c} \quad (2)$$

where, H : capillary height

γ : surface tension (dyne/cm)

r_c : capillary radius (cm)

θ : contact angle

2.2.3 건조특성

Fig. 1에 보인 장치에서 포화흡수율을 측정 후 10분 간격으로 시료의 무게를 측정하고 Equation 3에 의해 계산된 수분률 값에서 건조속도를 예측하였다. 각 시료에 대해 10분 간격으로 증발된 순수한 수분무게를 측정하여 수분증발량을 분석하였으며 또한 초기의 포화흡수 된 시료의 무게에서 무게가 50% 감소할 때까지 걸린 시간을 측정하여 이 값을 건조반감기로 하였다. 이들 시료들의 시간변화에 따른 무게는 계측기계의 센서에서 시간에 따른 연속적인 시료의 무게로부터 계산하였다.

$$\frac{W_i - W_0}{W_0} \times 100 \quad (3)$$

where, W_i : 10분 간격으로 측정된 시료 무게

2.2.4 MMT(Moisture Management Testing)실험

80×80mm 5개 시료를 준비하여 항온항습실에서 21±1℃, RH 65±2% 조건하에서 24시간 컨디셔닝을 실시하였다. 인체에서의 땀을 시뮬레이션하기 위해서 기기 내에서 0.15g의 땀액(증류수+NaCl)이 시료의 중앙부위표면에 자동으로 분사가 되며 흡수된 수분의 양에 따라 센서부에서 전기저항의 변화가 발생하게 된다. 센서에서 측정된 전기저항치는 측정부와 기록장치로 전달되어 직물의 수분제어 특성치로 산출된다. 여기서 측정한 수분제어 특성치는 웨팅시간과 최대 습윤 반경(max.wetted radius)으로서 웨팅시간은 분사된 물방울이 초기에 흡수되어 시료가 웨팅되는 시간으로서 시료의 수평방향의 흡수성을 나타내며 KSK 0815의 Bireck방법의 수직방향의 위킹 흡수성과 비교된다. 그리고 최대 습윤 반경은 초기의 1, 3, 10초 경과 시 최대 웨팅반경을 측정하였으며 이 값이 큰 값일 때 건조특성이 우수한 것으로 평가된다.

2.2.5 기공도(porosity) 및 커버팩터(cover factor) 계산

니트 시료에 대한 기공도(porosity, ε)는 다음 Equation 4에 의해 계산되었다(Özkan & Meriç, 2015).

$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{\pi d^2 l c \omega}{2t} \right) \quad (4)$$

where, t : thickness (cm)

l : loop length (cm)

d : yarn diameter (cm)

c : number of courses per cm

ω : number of wales per cm

직물 시료의 기공도는 아래 Equation 5에 의해 계산하였다(Zupin et al., 2012).

$$\varepsilon = 100 \left(1 - \frac{m d^2 \pi}{4t \ell} \right) \quad (5)$$

where, m : fabric mass (g/m^2)

d : yarn diameter (mm)

t : fabric thickness (mm)

ℓ : yarn number (tex)

직물과 편물의 커버팩터는 각각 Equation 6과 Equation 7에 의해 계산하였다(Au, 2011; Kim & Kim, 2016). 한편, WER 측정법에서 측정된 건조 반감기와 포화흡수율과 직물구조인자와의 회귀분석을 SPSS version 10.0을 사용하여 실시하였다.

$$C_f = (D_1d_1 + D_2d_2 - D_1d_1D_2d_2) \quad (6)$$

where, D_1 : warp density in threads/inch
 D_2 : weft density in threads/inch
 d_1 : warp yarn diameter in cm
 d_2 : weft yarn diameter

$$C_f = \frac{1}{L_{in}\sqrt{N_w}} \quad (7)$$

where, L_{in} : loop length(inch)
 N_w : English worsted

3. 결과 및 고찰

3.1. 소재에 따른 흡수와 건조 특성

Table 2에 8종 소재의 기공도, 커버팩터 등의 구조 특성과 포화 흡수율과 위킹 측정 데이터를 나타내었다.

Table 2에서 볼 수 있듯이 흡한속건 니트 소재인 쿨맥스와 드라이 존 시료의 포화흡수율이 가장 높은 값을 보이며 직물 시료에서는 PET, 뱀부 필라멘트 직물이 가장 낮은 값을 보였다. 이는 땀을 많이 배출하는 운동 시에는 직물보다 니트류가 포화흡수도가

더 높아 초기흡수도가 우수함을 알 수 있다. 그리고 직물에서는 천연 방적사 직물이 화섬 필라멘트 직물보다 초기흡수성이 우수함을 알 수 있다.

Fig. 3은 포화흡수도에 미치는 인자를 분석하기 위해 Table 2에 나타낸 포화흡수율을 직·편물의 두께, 무게, 기공도에 대해 도시한 것이다. Fig. 3은 포화흡수율에 영향을 주는 소재의 특성 외에 직·편물의 두께, 무게, 기공도의 영향을 보여준다. Fig. 3(a)와 (b)에서 두께가 증가함에 따라 포화흡수율이 증가함을 볼 수 있으며 무게증가도 포화흡수율의 증가에 기여하는 경향은 보였으나 두께만큼 경향성을 보이지는 않았다. Fig. 3(c)에서 두께와 무게에서 계산되는 기공도 증가가 포화흡수율 증가를 가져온다는 것을 알 수 있으며 이는 두께 증가는 직·편물내 기공의 증가를 가져오며 이러한 기공이 수분을 흡수하여 보관되는 공간을 제공하기 때문으로 생각된다.

Table 2에서 위킹성 역시 이형단면형상의 흡한속건 소재인 쿨맥스와 드라이존 니트소재가 높은 값을 보이며 직물에서는 기공도가 낮은 면/나일론 교직물이 가장 낮은 값을 나타내었다. 그리고 면직물, 린넨 직물 등이 낮은값을 보였으며, 특히 이들 직물은 조직이 평직으로서 주자직 직물보다 낮은 위킹성을 보였다. 또한, 공정수분율이 높으면서 천연 필라멘트 형태의 실크직물과 PET, 뱀부 필라멘트 주자직 직물이 높은 위킹성을 보인 반면 면과 린넨 방적사 평직 직물은 낮은 값을 보였다. 이는 필라멘트 직물에서는 Equation 2에서 보인 Laplace식에서 모세관 반경이 필라멘트 실 내 혹은 실과 실 사이에 형성되므로써 모세관 높이 H가 커짐에 기인되는 것으로 사료된다. 그러나 Table 2에서 포화흡수율(saturated absorption

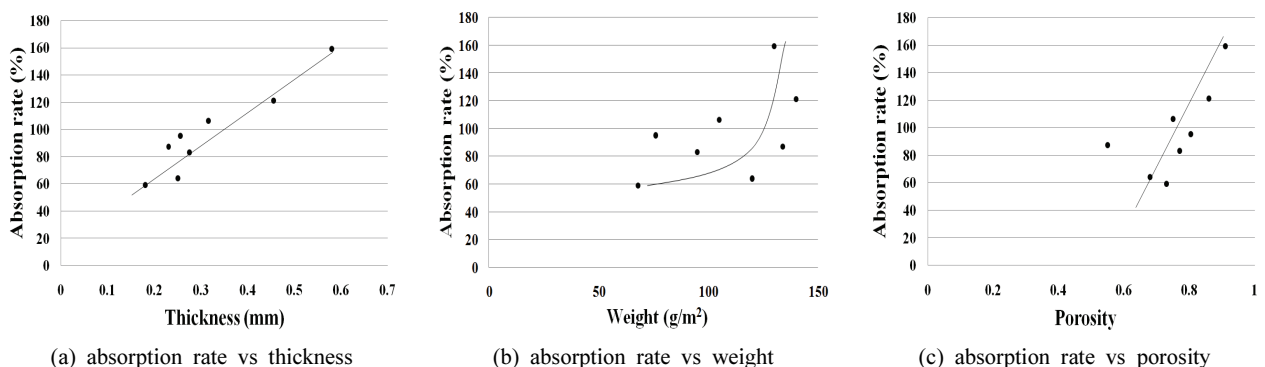


Fig. 3. Diagram between absorption rate and fabric structural parameters

Table 2. Absorption and wicking data and fabric structural parameters

Specimens	Saturated absorption rate (%)	Wicking rate (mm)	Cover factor	Porosity	Thickness (mm)	Weight (g/m ²)	Official regain(%)
Coolmax® knit	159	163.3	1.238	0.91	0.580	130	0.4
Dry-zone® knit	121	142.2	1.212	0.86	0.455	140	0.4
Cotton fabric	95	62.4	0.546	0.804	0.255	76	8.5
Silk fabric	106	86.3	0.246	0.75	0.315	105	11.0
Linen fabric	83	70.4	0.617	0.77	0.275	95	12.0
PET fabric	59	78.6	0.699	0.73	0.180	68	0.4
Cotton/Nylon fabric	87	48.9	0.726	0.55	0.230	134	8.5/4.5
Bamboo fabric	64	80.7	0.660	0.68	0.250	120	12.0

rate)과 위킹성(wicking rate)은 상관성을 보이지 않았으며 면직물이 수분흡수 수용력은 크지만 위킹성은 PET직물이 면직물보다 빠르다는 것을 알 수 있다.

Table 3에는 10분 간격으로 측정된 시료 무게를 초기 시료 무게로 나누어 수분 증발에 의한 잔류 수분의 비율(%)과 증발된 수분량을 보였으며 건조 특성에 관계된 데이터를 보여준다.

Table 3에서 볼 수 있듯이 수분증발량이 시간변화에 따라 선형적으로 감소함을 보이며 포화흡수율이 높았던 쿨맥스와 드라이 존은 140분이 경과하여도 수분이 남아있었다. 이는 이들 니트 소재가 직물보다 두

께와 무게가 높은 값을 가지면서 기공도도 높지만, 포화 흡수율이 직물보다 훨씬 높은 값을 가지므로서 140분이 경과한 후에도 잔류 수분량이 높은값을 보이는 것으로 사료된다. 두께가 얇은 PET와 뱀부 직물은 가장 건조가 빠름을 알 수 있다. 한편, 시료의 건조성에 관한 수분증발량을 초기 증발이 시작할 때부터 10분 간격으로 140분 동안 측정된 값을 Table 3에 음영으로 나타내었다. Table 3에서 볼 수 있듯이 흡한속건소재 이면서 니트소재인 쿨맥스와 드라이 존 소재는 10분 간 증발되는 수분량이 초기상태와 140분이 지난 상태에서나 거의 같은 양인 0.1 g의 값을 유지하고 있으나

Table 3. Absorption rate of specimens according to time

Material	Saturated absorption rate (%)	Elapsed time(min)									Half time of sat. absorption rate (%)
		10	20	30	40	60	80	100	120	140	
cool max® knit	159	156	140	132	125	105	91	76	56	40	92
		0.14	0.11	0.11	0.1	0.12	0.1	0.1	0.14	0.1	
dry-zone knit	121	113	105	98	92	77	63	50	33	21	83
		0.12	0.11	0.11	0.08	0.11	0.09	0.1	0.13	0.08	
cotton fabric	95	79	68	55	42	19	5	3	2	1	35
		0.12	0.09	0.1	0.09	0.09	0.05	0.01	-	-	
silk fabric	106	93	82	71	62	36	17	3	2	1	47
		0.15	0.13	0.14	0.11	0.16	0.16	0.1	0.08	0.02	
linen fabric	83	70	57	45	32	12	4	3	2	1	32
		0.13	0.14	0.12	0.11	0.11	0.04	-	0.01	0.01	
PET	59	38	22	3	1	0	0	0	0	0	15
		0.15	0.1	0.13	0.02	0.0	0.01	-	-	-	
Cotton/Nylon fabric	87	80	72	62	55	38	26	12	2	1	47
		0.11	0.1	0.13	0.1	0.12	0.08	0.09	0.06	0.01	
Bamboo fabric	64	52	41	32	24	9	4	3	2	1	30
		0.16	0.11	0.11	0.1	0.1	0.04	0.01	0.01	-	

note : shadow ; evaporation content (g/10min)

직물의 경우는 60분이 지나면서 0.1 g이하의 낮은 수분증발량을 보임을 알 수 있다. 이는 초기수분 흡수도가 직물보다 니트가 큰 것에 기인되며 이것은 기공도가 높기 때문으로 생각된다. 특히 직물의 경우 PET 필라멘트 직물의 경우 30분이 경과하면서 증발되는 수분량이 0.1 g이하로 떨어지면서 건조 특성이 우수함을 알 수 있으며 이는 직물이 두께가 얇으면서 특히 기공도가 다른 면, 린넨, 실크 등의 천연방직사 직물보다 PET 직물이 낮으면서 PET의 소수성 때문에 직물 내에 수분이 흡수되지 않고 표면에 흡착되어 있던 수분이 쉽게 증발됨에 기인된 것으로 사료된다.

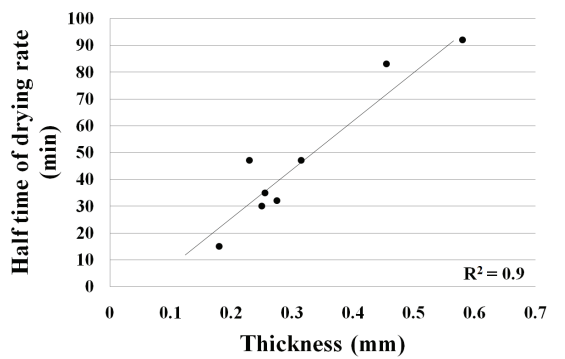
Fig. 4는 건조에 의해 포화수분 흡수율이 초기의 50%가 될 때까지 걸리는 시간을 건조반감기로 정의하고 이 값을 시료두께와 포화수분 흡수율에 대해 상관성을 도기한 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 선형 관계를 보였으며 선형회귀결정계수, R^2 이 각각 0.9와 0.88정도의 높은 값을 보였다. 시료두께가 두꺼우면 시료내의 초기수분 흡수량이 많아져서 건조시간이 반감기 되는 시간이 길어지며 따라서 직물과 편물의

두께를 가능한 얇게 하면서 흡수성과 보온성을 유지할 수 있는 고감성 의류용 직·편물의 소재선택과 설계가 필요하다고 사료된다.

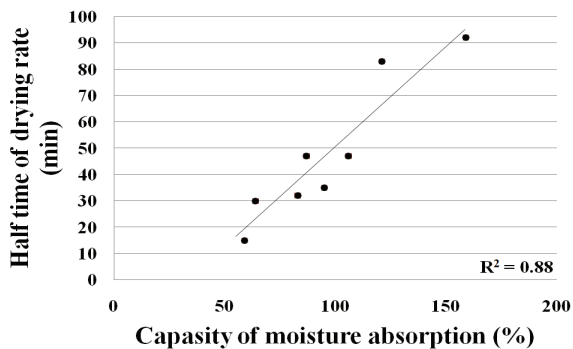
3.2. MMT 측정에 의한 흡수와 건조특성 거동

MMT 측정법은 기공특성에 따른 직·편물 및 고분자 재료들의 수분관리 능력을 평가 하기위해 개발된 시험방법이며 직·편물의 동적 액체이동 특성을 3차원적으로 측정, AATCC 195-2009 규정에 따라 수분관리 특성이 평가되어진다. 특히, 이 방법은 피부표면에서 땀의 흡수와 제거를 시뮬레이션하기 때문에 흡수와 건조성을 동시에 측정하며 의류의 쾌적성 평가에 중요한 방법으로 평가되고 있다(Özkan & Meriç, 2015). Özkan and Meriç(2015)은 MMT에서 측정된 물방울 흡수시간이 낮은 값을 가지면 시료의 수분 흡수도가 뛰어난 시료이며 최대흡수반경이 증가하면 건조시간이 짧아져 흡수시간과 건조시간이 짧은 시료가 흡한속건성이 우수한 소재라고 평가하였다. 따라서 본 연구에서도 시료의 물방울 흡수시간과 최대흡수 반경을 측정하였다. 또한 흡수시간이 1초, 3초 그리고 10초 경과함에 따라 최대흡수반경(mm)의 변화를 분석하였다. Table 4에 이들 데이터를 나타내었다.

Table 4에 보였듯이 물방울이 초기에 흡수되는 시



(a) according to thickness



(b) according to cap. of moisture absorption

Fig. 4. Half time of drying rate according to the fabric thickness and absorption

Table 4. Wetting time and absorption rate according to time

Material	Wetting time (sec)	Max.wetted radius (mm) according to time		
		1 sec	3 sec	10 sec
1 Coolmax® knit	27	10.3	13.0	20.0
2 Dry-zone® knit	2	28.8	30.8	-
3 Cotton fabric	60	10.4	10.4	13.0
4 Silk fabric	62	8.3	8.3	12.0
5 Linen fabric	48	17.4	25.0	30.4
6 PET fabric	67	20.8	20.8	29.8
7 Cotton/Nylon fabric	29	13.7	20.8	30.8
8 Bamboo fabric	49	30.8	33.3	-

간이 드라이 존과 쿨맥스가 가장 짧으면서 우수한 흡수성을 보였으며 면/나일론 교직물이 직물에서는 가장 흡수시간이 짧았다. 직물에서는 린넨과 뱀부직물이 짧은 흡수시간을 보였으나 면, 실크, PET직물은 완전흡수 시간이 60초 이상으로 낮은 흡수특성을 보였다. 이 결과는 앞서 분석된 포화흡수율과 흡수방법에 의한 흡수성과 비교해 보면 니트 시료인 쿨맥스와 드라이 존이 가장 좋은 포화흡수도와 흡수성을 보인 결과와 동일하였다.

그러나 직물의 경우 MMT방법에서 우수한 흡수성을 보였던 면/나일론과 린넨이 포화흡수도와 위킹 측정법에서는 낮은 흡수성을 보였고 특히 MMT에서 낮은 흡수성을 보였던 PET, 실크 직물의 경우 위킹 측정법 실험에서는 높은 흡수성을 보이는 다소 상반된 결과를 보였다. 그러나 두 가지 방법에서 공통적으로 나쁜 흡수성을 보인 시료는 면직물로 나타났다. 여기서 MMT방법은 물방울이 투하되어 흡수되는 정도를 측정하는 방법으로서 Young-Dupre(Das et al., 2007) 식에서 면/나일론, 뱀부, 린넨 직물의 경우 친수성 소재로 인해 접촉각 θ 가 작아지고 표면장력 γ_{sv} 가 커져 직물위의 물방울이 빨리 흡수가 되면서 짧은 흡수시간에 멀리 퍼져나가게 된다. 그리고 수평방향의 이동은 Washburn-Lukas(Das et al., 2010) 식에서 접촉각 θ 가 작을 때, 그리고 기공의 크기가 클 때 증가하게 되므로 면/나일론, 린넨 직물의 낮은 접촉각과 큰 기공의 크기에 기인하여 높은 L값을 가지게 되어 짧은 흡수시간을 가지는 것으로 보여진다. 반면 PET와 실크 직물의 경우 높은 접촉각 θ 와 필라멘트 직물로 인해 기공의 크기가 작음으로 인해 수분의 이동거리 L이 작아서 흡수시간이 오래 걸리는 것으로 생각된다. 그러나 면직물의 경우 친수성이면서 방적사 직물임에도 MMT방법에서 긴 흡수시간을 보여준 것은 면섬유의 짧은 섬유장 때문에 방적사 제조시 일반적으로 높은 꼬임이 주어지면 실의 팩킹(packing) 증가에 의해 커버팩터는 낮고 기공의 크기도 낮아져 수분의 이동거리(L)가 낮아지고 또한 높은 꼬임으로 인해 실 내부의 공극들의 뒤틀림 등이 수분의 이동을 방해하여 흡수성 실험에서는 낮은 흡수성 값을 보여 두 가지 실험 방법 모두 낮은 흡수성을 보이는 것으로 해석된다.

따라서 MMT방법과 흡수성 방법(wicking rate법)은

측정방법에 차이가 있으며 MMT방법은 KSK 0815의 drop test법과 유사한 방법으로 해석된다. 한편, Table 4에 8종 시료의 1초, 3초 그리고 10초로 시간이 경과함에 따른 최대흡수반경을 측정하여 나타내었다. 확산 반경이 증가할 때 건조성이 우수한 것으로 해석할 수 있다(Özkan & Meriç, 2015).

니트 소재의 드라이 존이 1초경과 시 30%의 높은 수분확산을 보였으며 3초경과 후 더 이상 수분확산이 없어서 건조특성이 우수하였다. 이 결과는 앞서 분석한 수직방향 수분이동 특성 측정법인 KSK 0815 방법에 의한 건조특성 결과와 비슷한 결과를 보였으며 특히, 뱀부 직물이 최대흡수반경이 높은 값을 보이므로써 앞서 분석된 KSK 0815방법과는 반대의 결과를 보였다. 쿨맥스 소재도 최대흡수반경이 드라이 존에 비해 낮은 값을 나타내어 KSK 0815방법에 의한 건조특성 결과와 다른 결과를 보여주었다.

면직물과 실크직물은 역시 낮은 건조특성을 보였으며 PET직물, 린넨직물과 면/나일론 교직물의 건조특성은 비교적 우수한 결과를 보였다. 따라서 MMT 시험법에 의한 수평방향 수분이동특성을 나타내는 건조특성 시험법은 수직방향 건조특성 평가방법인 KSK 0815에 의한 건조특성 시험법과는 다소 다른 결과를 보임으로써 소재와 실의 구조 및 특성에 따라서 시험방법에 따른 흡수성과 건조특성의 결과는 다르게 해석이 됨을 확인하였다.

4. 결론

의류용 소재로 가장 많이 사용하는 천연소재와 기능성 아웃도어로 많이 사용하는 쿨맥스, 드라이 존 그리고 친환경 뱀부, 화섬 PET, 나일론 소재로 제작된 직·편물 8종의 쾌적특성 평가에 중요한 수분이동 특성을 MMT 시험장치를 포함한 시험방법에 따른 차이를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 포화흡수율은 쿨맥스 흡한속건 니트소재가 가장 높은 값을 보였으며 PET, 뱀부 필라멘트 직물이 가장 낮은 값을 나타내어 운동 시 많은 땀을 배출할 때 니트시료의 초기흡수도가 중요함을 확인하였다. 이는 소재특성과 함께 두께 증가에 따른 기공도 증가

가 중요한 원인이 됨을 확인하였다.

2) 수직방향 위킹실험에 의한 흡수성은 포화흡수율과 동일하게 이형단면 쿨맥스 니트소재가 가장 우수함을 보였고 필라멘트 직물인 실크, 뱀부, PET 직물이 높은 값을 보인 반면 면과 린넨 방적사 직물은 낮은 값을 보였다. 포화흡수율과 위킹성은 상관성을 보이지 않았다.

3) WER법에 의한 수분의 건조특성은 두께와 기공도가 높은 니트소재는 포화흡수율이 높았던 관계로 140분이 경과하여도 수분이 남아 있었으나 두께가 얇은 PET와 뱀부 필라멘트 직물은 건조특성이 우수하므로써 WER법에 의한 건조특성은 직·편물의 두께에 의존적임을 확인하였다. 그러나 10분간 증발되는 순수한 수분량은 기공도가 높은 흡한속건 니트소재가 직물보다 높은 값을 보였다.

4) 수분의 수평방향 이동현상을 나타내는 MMT 결과에서도 쿨맥스 흡한속건 니트소재가 우수하여 수직방향 흡수성 측정법인 Bireck법과 동일한 결과를 보임을 확인 할 수 있었다.

5) MMT측정법에 의한 수평방향 수분건조 특성은 드라이 존 니트와 뱀부 직물이 가장 높은 최대흡수반경을 보임으로써 가장 우수한 건조특성을 보였으나 쿨맥스 소재는 다소 낮은 건조특성을 보여 수직건조 측정법인 MMT방법에 의한 결과와는 다소 다른 결과를 보였다.

본 연구를 통하여 수분의 이동에 관한 쾌적한 고감성 의류소재를 얻기 위해서는 직물과 편물의 두께를 가능한 한 얇게 하면서 흡수성과 건조성을 적절하게 유지할 수 있는 직·편물의 소재선택과 구조설계가 필요하다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 원사와 직·편물의 구조 특성에 따라서 시험방법에 따른 위킹성과 건조특성의 결과가 의류 착용 과정에서의 고감성 착용 쾌적성이 다르게 해석됨을 확인하였다.

REFERENCES

Au, K. F. (2011). *Advances in Knitting Technology 1st*, Woodhead Publishing limited cambridge, UK. ISBN: 9780081017173

AATCC Test Method 195-2009. (2009). *Liquid Moisture Management Properties of Textile Fabrics*.

Das, A., & Alagirusamy R. (2010). *Science in clothing comfort*, Woodhead Publishing India PVT Ltd. ISBN: 9781845697891

Das, B., Das, A., Kothari, V. K., Fanguiero, R., & Araujo, M. (2007). Moisture transmission through textiles. Part I: Processes involved in moisture transmission and the factors at play. *AUTEX Research Journal*, 7(2), 100-110.

Fanguiero, R., Filgueiras, A., Soutinho, F., & Meidi, X. (2010). Wicking behavior and drying capability of functional knitted fabrics, *Textile Research Journal*, 80(15), 1522-1530. doi: 10.1177/0040517510361796

Guo, Y., Li, Y., Tokura, H., Wong, T., Chung, J., Wong, A. S. W., Gohel, M. D. I., & Leung, P. H. M. (2008) Impact of fabric moisture transport properties on physiological responses when wearing protective clothing, *Textile Research Journal*, 78(12), 1057-1069. doi: 10.1177/0040517508090496

Hsieh, Y. L. (1995). Liquid transport in fabric structures. *Textile Research Journal*, 65(5), 299-307. doi:10.1177/004051759506500508

Hu, J., Li, Y., Yeung, K. W., Wong, A. S. W., & Xu, W. (2005). Moisture management tester : a method to characterize fabric liquid moisture management properties, *Textile Research Journal*, 75(1), 57-62. doi: 10.1177/004051750507500111

Hu, J. Y., Li, Y., & Yeung, K. W. (2006). *Clothing Biosensory Engineering*. Cambridge : woodhead.

Kim, H. A. (2014). Effect of hollow composite yarn characteristics to the comfort property of fabrics for high emotional garment, *Korean Society for Emotional and Sensibility*, 17(4), 71-78. doi: 10.14695/KJSOS.2014.117.4.71

Kim, H. A., & Kim, S. J. (2016). Moisture and thermal permeability of the hollow textured PET imbedded woven fabrics for high emotional garment. *Fibers and Polymers*, 17(3), 427-438. doi: 10.1007/s12221-016-5942-9

Kim, H. A., & Kim, S. J. (2016). Moisture response transformable property of intelligent coolness knitted fabrics for sportswear clothings, *Autex Research*

- Journal, *Published online*: doi: 10.1515/aut-2016-0013
- Kim, H. A. (2017). Physical properties of ring, compact and air vortex yarns made of PTT/wool/modal and wearing comfort of their knitted fabrics for high emotional garments, *The Journal of Textile Institute*, *Published online*: 18 Jan 2017. doi: 10.1080/00405000.2016.1275444
- Kim, H. A., & Kim, S. J. (2016). Far-infrared emission characteristics and wear comfort property of ZrC-embedded heat knitted fabrics for emotional garments, *Autex Research Journal*, *Published online*: doi: 10.1515/aut-2016-0017
- Laing, R. M., Wilson, C. A., Gore, S. E., Carr, D. J., & Niven, B. E. (2007). Determining the drying time of apparel fabrics. *Textile Research Journal*, 77(8), 583-590. doi:10.1177/0040517507078232
- Mahbub, R. F., Wang, L., Arnold, L., Kaneslingam, S., & Padhye, T. (2014). Thermal comfort properties of kevlar and kevlar/wool blends, *Textile Research Journal*, 82(19), 2094-2102. doi: 10.1177/0040517514532157
- Özkan, E. T., & Meriç, B. (2015). Thermophysiological comfort properties of different knitted fabrics used in cycling clothes, *Textile Research Journal*, 85(1), 62-70. doi: 10.1177/0040517514530033
- Supuren, G., Oglakcioglu, N., Ozdil, N., & Marmarali, A. (2011). Moisture management and thermal absorptivity properties of double-face knitted fabrics, *Textile Research Journal*, 81(13), 1320-1330. doi: 10.1177/0040517511402122
- Troynikov, O., & Wardiningsih, W. (2011). Moisture management properties of wool/polyester and wool/bamboo knitted fabrics for the sportswear base layer, *Textile Research Journal*, 81(6), 621-631. doi: 10.1177/0040517510392461
- Yanilmaz, M., & Kalaoğlu, F. (2012). Investigation of wicking, wetting and drying properties of acrylic knitted fabrics, *Textile Research Journal*, 82(8) 820-831, 2012. doi: 10.1177/0040517511435851
- Zupin, Z., Hladnik, A., & Dimitrovski, K. (2012). Prediction of one-layer woven fabrics air permeability using porosity parameters, *Textile Research Journal*, 82(21), 117-128. doi: 10.1177/0040517511424529

원고접수: 2016.11.23

수정접수: 2017.02.13

게재확정: 2017.03.13